



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## ZASTŘEŠENÁ TRIBUNA VE FRÝDKU

FRÝDEK ROOFED GRANDSTAND

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

#### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Nikodém Kofler

#### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ PEŠEK, Ph.D.

BRNO 2021



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Nikodém Kofler
<b>Název</b>	Zastřešená tribuna ve Frýdku
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Ondřej Pešek, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2020
<b>Datum odevzdání</b>	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

---

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

Předpisy a standardy upravující požadavky na stavby pro daný typ využití.

Pilgr, M.: Kovové konstrukce. Navrhování prvků ocelových konstrukcí. Akademické nakladatelství CERM, 2019.

Bujňák, J. a Vičan, J.: Navrhovanie ocelových konštrukcií. Žilinská univerzita v Žiline, 2012.

da Silva, L. S., Simoes, R., Gervásio, H. Design of Steel Structures. 2nd edition, ECCS

- European Convention for Constructional Steelwork, 2016.

Ferjenčík, P. a kol. Navrhovanie ocelových konštrukcií, 1. časť + 2. časť. SNTL Praha, 1986.

Marek, P. a kol. Kovové konstrukce pozemních staveb. SNTL Praha, 1985.

ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.

ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí.

ČSN EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí.

ČSN EN 1994 Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí.

ČSN EN 1090-2: Provádění ocelových konstrukcí.

a další související normy a technické dokumenty.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte statický návrh nosné konstrukce zastřešené tribuny na stadionu Stovky ve Frýdku. Nosná konstrukce bude zhotovena z konstrukční oceli. Celkové půdorysné rozměry konstrukce budou přibližně 50 × 14 metrů, celkovou výšku konstrukce navrhnete s ohledem na rozhledové poměry. Konstrukce bude navržena na účinky klimatických zatížení odpovídajících umístění stavby ve Frýdku. Výstupem práce bude statické posouzení hlavních prvků nosné konstrukce a vybraných spojů, výkresová dokumentace (dispoziční výkresy, výkresy hlavních konstrukčních dílců a charakteristických detailů), výkaz materiálu a technická zpráva.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

---

Ing. Ondřej Pešek, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Práce se zabývá návrhem ocelové konstrukce tribuny se zastřešením na fotbalovém stadionu ve Frýdku-Místku. Půdorysné rozměry jsou  $50 \times 14$  m, výška je 16,4 m. Konstrukce hlediště je složena z příhradových nosníků uložených na hlavních nosnících. Střecha je pultová a je zavěšena pomocí táhel na sloupech. Konstruktivním materiálem je ocel S235.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

ocelová konstrukce, tribuna, konstrukční návrh

## **ABSTRACT**

The work deals with a design of a steel structure of a grandstand with a roof at the football stadium in Frýdek-Místek. The floor plan dimensions are  $50 \times 14$  m, the height is 16,4 m. The auditorium structure consists of lattice girders placed on main girders. Mono-pitched roof is supported by rods to columns. The construction material is S235 steel.

## **KEYWORDS**

steel structure, terraces, construction design

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Nikodém Kofler *Zastřešená tribuna ve Frýdku*. Brno, 2021. 18 s., 112 s. příl.

Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Ondřej Pešek, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Zastřešená tribuna ve Frýdku* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 28. 5. 2021

---

Nikodém Kofler  
autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Zastřešená tribuna ve Frýdku* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 28. 5. 2021

---

Nikodém Kofler  
autor práce

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu mé bakalářské práce  
panu Ing. Ondřeji Peškovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a obzvlášť za trpělivost  
a ochotu.

Dále bych rád poděkoval všem, kteří mě podporovali během studia.

Nikodém Kofler

## **Obsah**

1. Technická zpráva
2. Seznam použitých zdrojů
3. Seznam příloh





# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## ZASTŘEŠENÁ TRIBUNA VE FRÝDKU

FRÝDEK ROOFED GRANDSTAND

## TECHNICKÁ ZPRÁVA

TECHNICAL REPORT

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Nikodém Kofler

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ PEŠEK, Ph.D.

BRNO 2021

## Obsah

1	Úvod .....	2
2	Konstrukční systém .....	2
2.1	Konstrukce hlediště .....	2
2.1.1	Zařízení pro diváky.....	2
2.1.2	Konstrukční systém hlediště.....	3
2.2	Konstrukce střechy .....	3
2.3	Sloupy.....	3
2.4	Táhla.....	4
2.5	Vzpěry .....	4
2.6	Kotvení .....	4
2.7	Ztužidla.....	4
3	Model.....	4
4	Zatížení .....	5
5	Třída provedení .....	5
6	Montáž.....	5
6.1	Schéma montáže .....	6
7	Materiály .....	7
8	Povrchová ochrana konstrukce.....	7
9	Závěr.....	7

# 1 Úvod

Cílem bakalářské práce je návrh ocelové nosné konstrukce tribuny se zastřešením. Stavba je situována na fotbalovém stadionu Stovky ve Frýdku-Místku. Půdorysné rozměry jsou  $50 \times 14$  m. Výška konstrukce tribuny je 16,4 m. Konstrukce byla navržena na účinky stálých, užitných a klimatických zatížení.

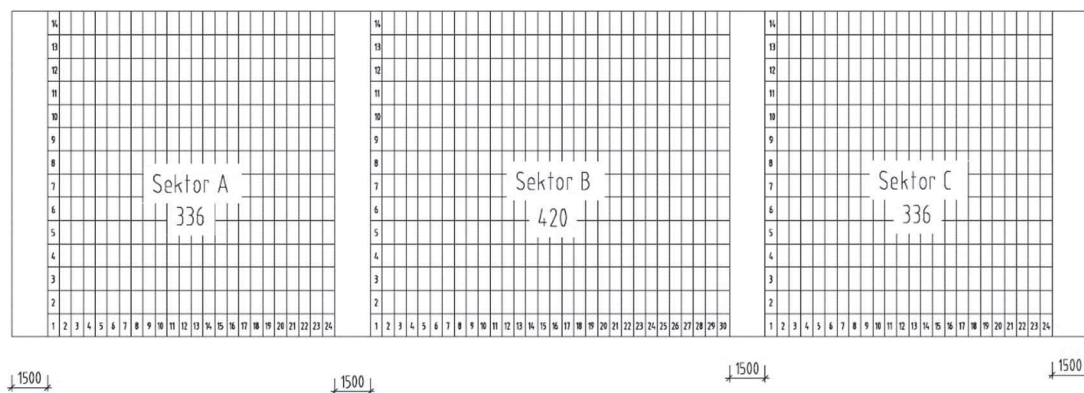
## 2 Konstrukční systém

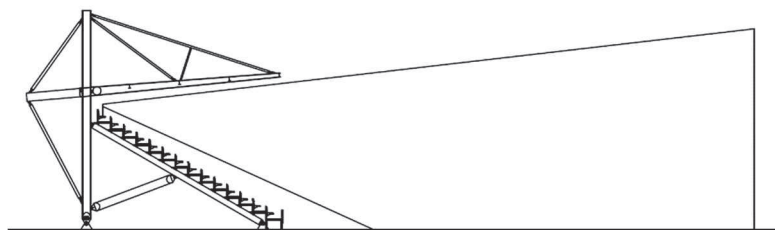
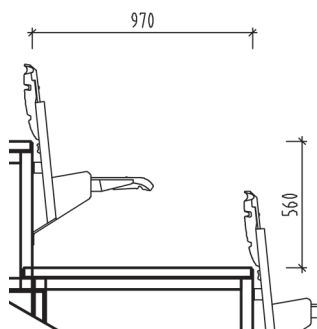
Konstrukci hlediště nesou šikmé hlavní nosníky, které jsou na jednom konci kloubově uloženy na základ a na druhém konci jsou kloubově připojeny ke sloupům. Sloupy jsou v podélném směru tribuny šikmé, ve směru příčném svislé. Sloupy taktéž nesou konstrukci střechy zavěšené pomocí systému vzpěr a táhel. Konstrukce se dá rozdělit na dva celky. Jedním je konstrukce hlediště, druhým je konstrukce střechy. Hlediště tvoří sedačky a pochozí pororošty osazeny pomocí příhradových nosníků na šikmé hlavní nosníky.

### 2.1 Konstrukce hlediště

#### 2.1.1 Zařízení pro diváky

Geometrie hlediště a jeho jednotlivých prvků byla navržena v souladu s normou ČSN EN 13200 Zařízení pro diváky. Tato norma předepisuje závazné rozměry jednotlivých prvků zařízení pro diváky. Návrh geometrie reflektuje všechny parametry této normy. Celková kapacita tribuny je 1092 diváků. Hlediště je rozděleno do tří sektorů. Kapacita sektoru A a C je 336 diváků a kapacita sektoru B je 420 diváků. Řady mají v sektoru A a C 24 sedadel a v sektoru B 30 sedadel. Všechny sektory mají 14 řad. Na krajích a mezi sektory jsou schodiště o šířce 1,5 m. Celkový sklon tribuny je  $30^\circ$ . Výška stupně je 560 mm, hloubka stupně je 970 mm. Sedadla mají šířku 0,5 m. Pro veškerá místa na tribuně je dodržena křivka viditelnosti, kterou stanovuje norma pro jednotlivé sporty (zajištění výhledu ze všech míst tribuny). Schodiště tribuny jsou opatřena zábradlím pro bezpečnost diváků. Počet schodišť a jejich šířka jsou navrženy s ohledem na potřebu případné evakuace osob z tribuny. Vzhledem k charakteru geometrie tribuny schodiště není rozděleno podestou na potřebné maximální počty schodů v rameni u pozemních staveb.





křivka viditelnosti

## 2.1.2 Konstrukční systém hlediště

Hlediště je tvořeno svislými a vodorovnými příhradovými nosníky z profilů TR 4HR 50x4. Všechny příhradové nosníky jsou délky 5 m. Svislé příhradové nosníky přenášejí síly ve svislém směru, vodorovné příhradové nosníky kompenzují ohybový moment působící na svislé příhradové nosníky vlivem excentrického zatížení na sedáčkách. Příhradové nosníky jsou k sobě navzájem připojeny šroubovými spoji pomocí šroubů M16 4.8. Pro jednoduchost montáže jsou příhradové nosníky osazovány na předem připravené podložky na hlavních nosnících. Na svislé příhradové nosníky jsou uloženy pochozí pororošty, v místě schodiště pororošty se schodnicemi. Pororošty jsou zajištěny šroubovanými spojkami. Sedadla jsou plastová, připojena ke svislým příhradovým nosníkům pomocí spojovacích prvků.

## 2.2 Konstrukce střechy

Střecha je navržena jako pultová se sklonem  $5^\circ$  vyspádovaná směrem od hřiště. Délka střechy je 15 m, šířka 50 m. Střecha je v příčném směru zavěšena na systému táhel v polovině a na vzdálenějším konci od sloupů. Ke sloupům je střecha připojena pomocí průvlaků opatřenými čepovými spoji.

Krytina střechy je z trapézového plechu kotvená samořeznými šrouby do profilu vaznic.

Vaznice jsou profilu IPE 300 o rozpětí 5 m. Vaznice je k vazníku připojena šroubovým spojem se šrouby M16 4.8 tak, že lícují shora. Vaznice jsou ve čtvrtinách délky vazníku.

Vazník je svařovaný I profil proměnné výšky. Šířka pásnic je konstantní 150 mm. Výška profilu v nejnižším místě je 300 mm, v nejvyšším 660 mm. Vazníky mají za sloupy přesah 0,5 m.

Průvlak je profilu TR KR 610x12,5. Na vazník je přivařen koutovým svarem. V místě spoje se sloupem je opatřen plechy čepového spoje.

## 2.3 Sloupy

Sloupy jsou profilu TR KR 610x50. Sloupy jsou šikmé pod úhlem  $70,3^\circ$  ve směru podélném. Šikmost je vystřídána. V podélném směru tribuny tvoří sloupy tvar písmene A, který se opakuje 5krát. Celkem je tedy deset sloupů v pěti dvojicích. Dvojsloupí tvaru A je ve vrcholu spojeno svarem a v patě pomocí styčných plechů. Tvar písmene A je navržen záměrně tak, aby výška poloviny sloupů byla

v úrovni konce šikmého hlavního nosníku, který nese tribunu ve sklonu 30°. Tedy rozteč polovin sloupů je pravidelná a zajišťuje pravidelnou rozteč hlavních nosníků.

## 2.4 Táhla

Táhla jsou rozdělena na přední a zadní. Přední táhla profilu TR KR 139,7x12,5 jsou na sloupu blíže k hřišti a nesou konstrukci střechy. Táhla zadní profilu TR KR 193,7x14,2 jsou na vzdálenější straně sloupu od hřiště. Delší přední táhla mají rozdělenou délku napůl pomocí příhradových prutů v rovině kolmé na táhla v příčném směru. Tyto příhradové pruty profilu TR KR 101x6,3 zajišťují vodorovnou a svislou polohu táhel, brání jejich nadměrnému průhybu a zkracují jejich vzpěrnou délku na polovinu.

## 2.5 Vzpěry

V celé konstrukci tribuny jsou použity dva systémy vzpěr. První systém vzpěr je umístěn na sloupech v úrovni střechy. Vzpěry jsou šikmě vetknuty pomocí svarů do sloupu pod úhlem střechy v příčném směru. Vzpěry se potkávají ve vzdálenosti 4,5m za sloupy a pomáhají táhlům na zadní straně přenášet zatížení střechy. Druhý systém vzpěr je pod hlavními nosníky nesoucími hlediště. Šikmé vzpěry mezi patami sloupů a polovinami hlavních nosníků pomáhají zabránit svislým deformacím hlavních nosníků. Vodorovné vzpěry mezi polovinami hlavních nosníků zabezpečují polohu nosníků ve vodorovném směru. Oba systémy vzpěr mají profil TR KR 610x12,5.

## 2.6 Kotvení

Kotvení je navrženo pomocí patních plechů tloušťky 50 mm uložených na betonových základech z betonu C25/30. Vodorovné síly přenáší kotevní šrouby M36 8.8 předem zabetonované do betonu patky.

## 2.7 Ztužidla

V rovině střechy je umístěno jedno podélné a čtyři příčná ztužidla. Profil ztužidel je KR 30. Pod krajními poli hlavních nosníků jsou kloubové rámy vzpěr zavětrovány ztužidlem profilu KR 30.

# 3 Model

Pro návrh konstrukce a výpočet vnitřních sil byl použit software Dlubal RFEM 5.24. V programu byl vytvořen prutový prostorový 3D model. Jednotlivým prutům byly přiděleny průřezy. V programu byly vytvořeny zatěžovací stavy a jejich kombinace. Výsledky vnitřních sil byly použity dimenzování průřezů a ověření mezních stavů únosnosti a použitelnosti.

## 4 Zatížení

Zatížení bylo stanoveno v souladu s normami ČSN EN 1991-1-1, ČSN EN 1991-1-3 a ČSN EN 1991-1-4. Zatížení bylo rozděleno do 4 kategorií: vlastní tíha a ostatní stálé zatížení, užité zatížení, zatížení větrem a zatížení sněhem. Zatížení větrem bylo počítáno jako zatížení pro přístřešek z důvodu absence obvodových stěn.

- Zatížení sněhem je určeno pro lokalitu Frýdek-Místek. Charakteristická hodnota zatížení sněhem je  $s_k = 1,24$  kPa
- Zatížení větrem vychází ze základní rychlosti větru  $v_{b,0} = 25$  m/s
- Užité zatížení je uvažováno ve dvou zatěžovacích staveb:
  - plošné  $q_k = 4$  kN/m<sup>2</sup>,
  - osamělé břemena působící na sedačkách  $Q_k = 5$  kN

## 5 Třída provedení

Třída následků: CC3 – hlediště tribuny

Výrobní kategorie: PC1 – svařované dílce z oceli nižší než S355

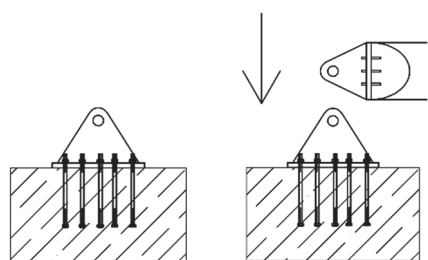
Kategorie použitelnosti: SC2 – konstrukce zatížená davem lidí

Třída provedení stanovena na: EXC3

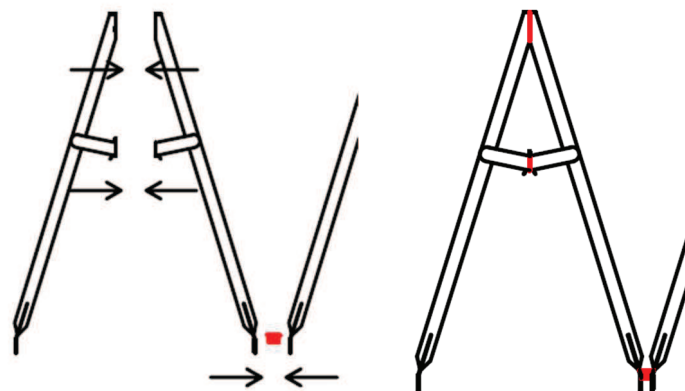
## 6 Montáž

Na stavbě se jako první připraví základová konstrukce. Do bednění se osadí kotevní šrouby a patky se vybetonují. Na vybetonované patky se osadí patní plechy s oky pro čepy a podlijí se cementovou záhlvkou. Sloupy se osadí na čepy a v horizontální poloze svaří ve vrcholech a v místech spojení vzpěr. Sloupy se taky svaří pomocí styčných plechů a výztuh v patě a opatří se čepovým plechy. Na zadní (v horizontálním stavu horní) straně sloupů se osadí táhla. Takto spojené všechny sloupy se ve špičce nadzvednou a podeprou dočasnou konstrukcí. V dalším kroku se svaří průvlaky s vaznicemi, nasunou se pod nadzdvihnuté sloupy a pomocí čepů se připojí ke sloupům. Vazníky se doplní o vaznice a střešní ztužidla. Vaznice se osadí trapézovými plechy střešní krytiny. Sloupy se ve špičce ze přední strany opatří ocelovými lany s kladkami, které při vztyčování zajistí vodorovnost střešní konstrukce. Ve špičkách se sloupy opatří dočasnou převázkou a upevní se zde ocelová lana, která vztyčí celou konstrukci. Pět synchronizovaných navijáků umístěných v potřebné vzdálenosti za tribunu začne současně navíjet a celou tribunu vztyčí. Během vztyčování a otáčení okolo osy patního čepu se bude nezávisle na tomto pohybu udržovat střecha pomocí lan a kladek ve vodorovné poloze. Po vztyčení sloupů do svislé polohy se navíjení zastaví a poloha sloupů se zabezpečí osazením hlavních nosníků. Vztyčí se vzpěry pod hlavními nosníky. Po zajištění sloupů se vymění lana nesoucí střechu za táhla a osadí se šikmá střešní příhradová konstrukce. Následně se začne s montáží příhradových nosníků hlediště tribuny. Postupovat se bude odspodu nahoru. Osadí se svislý příhradový nosník současně s jeho horním vodorovným příhradovým nosníkem. Příhradové nosníky se osadí porořosty. V posledním kroku se namontují sedadla. Tento montážní postup zmenší potřebu výškových prací na minimum a tím i zlevní cenu výstavby.

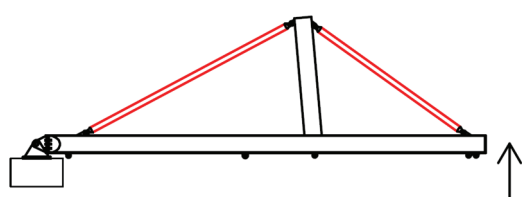
## 6.1 Schéma montáže



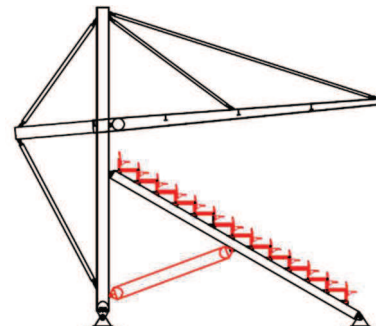
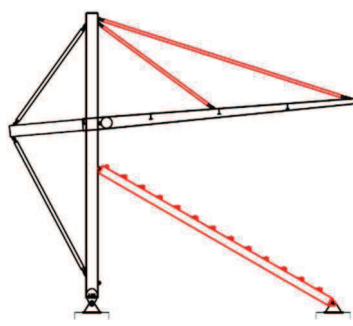
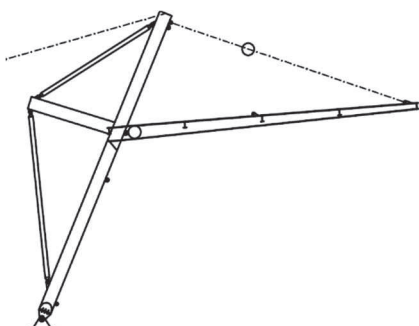
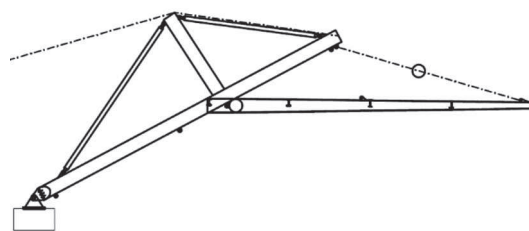
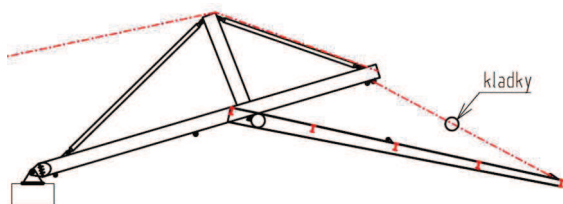
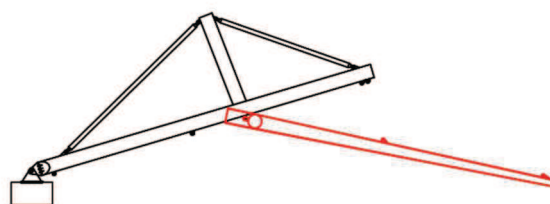
Pohled z boku



Pohled shora



Pohled z boku



## 7 Materiály

Všechny nosné ocelové prvky jsou navrženy z konstrukční oceli S235. Všechny spojovací prvky čepových spojů jsou navrženy z konstrukční oceli S355.

## 8 Povrchová ochrana konstrukce

Příhradové nosníky hlediště, pororošty a trapézové plechy krytiny budou opatřeny zinkovou ochranou. Ostatní prvky budou opatřeny protikorozním nátěrem.

## 9 Závěr

Konstrukce tribuny se zastřešením byla navržena v souladu s platnými normami. Výpočet byl proveden pomocí programu Dlubal RFEM 5.24 a ověřen ručním výpočtem.



## Seznam použitých zdrojů

### 1. Normy

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [6] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků
- [7] ČSN EN 13200-1 Zařízení pro diváky – Část 1: Obecné charakteristiky prostorů pro diváky

### 2. Ostatní zdroje

- [8] Horáček M. BO002 – Prvky kovových konstrukcí – podklady do cvičení [online] Dostupné z: [https://www.fce.vutbr.cz/KDK/horacek.m1/BO002/BO002\\_Podklady\\_do\\_cviceni.pdf](https://www.fce.vutbr.cz/KDK/horacek.m1/BO002/BO002_Podklady_do_cviceni.pdf)
- [9] Předpisy a standardy upravující požadavky na stavby pro daný typ využití. Pilgr, M.: Kovové konstrukce. Navrhování prvků ocelových konstrukcí. Akademické nakladatelství CERM, 2019.
- [10] Mapa zatížení sněhem na zemi. [online] Dostupné z: <https://clima-maps.info/snehovamapa/>

## **Seznam příloh**

A – Statický výpočet

B – Výkresová dokumentace

B1 – Pohledy a půdorys

B2 – Výkres střechy

B3 – Kotevní plán

B4 – Výkres vazníku

B5 – Výkres příhradových nosníků